



Boden.Wasser.Schutz.Tagung 2022

BODENMIKROBIOM – BAKTERIEN UND PILZE IM BODEN

Donnerstag, 1. Dezember 2022

Thema:
Arbuskuläre Mykorrhizapilze in der Landwirtschaft

Referent:
Dr. S. Franz Bender
Agroscope, Zürich



©kirillvasilev – stock.adobe.com

The background of the slide is a microscopic image showing a dense network of thin, branching, reddish-brown hyphae, characteristic of mycorrhizal fungi. The hyphae are interconnected, forming a complex web-like structure. The overall color is a light, warm tone, with the hyphae providing a darker, more detailed texture.

Mykorrhizapilze in der Landwirtschaft

S. Franz Bender

Agroscope

Pflanzen-Boden Interaktionen

FB Agrarökologie und Umwelt

Zürich

Universität Zürich

Institut für Pflanzen-und Mikrobiologie

Boden.Wasser.Schutz.Tagung 2022, St. Forian

1.12.2022



Regenwürmer

~~Abbau organischer Bodensubstanz~~



Bodeninsekten

~~Nährstoffverfügbarkeit~~



Nährstoffspeicherung



Nematoden



Protozoa



Abbau giftiger Substanzen

Wurzel Mikrobiom

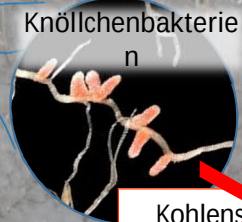
Bodenstruktur

Pflanzengesundheit

~~Schädlingskontrolle~~

Symbiotische Bodenpilze

Wasserfiltrierung



Knöllchenbakterien

~~Kohlenstoffspeicherung~~

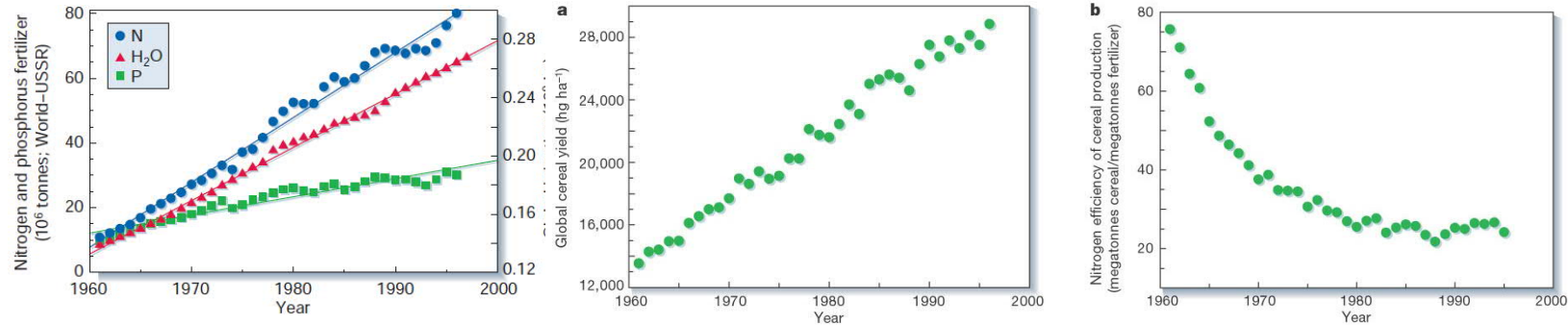


Bodenviren



Ressourcenverbrauch der Landwirtschaft

Stickstoff (N) und Phosphor (P) → limitieren Pflanzenwachstum weltweit



Fertilization



high yield



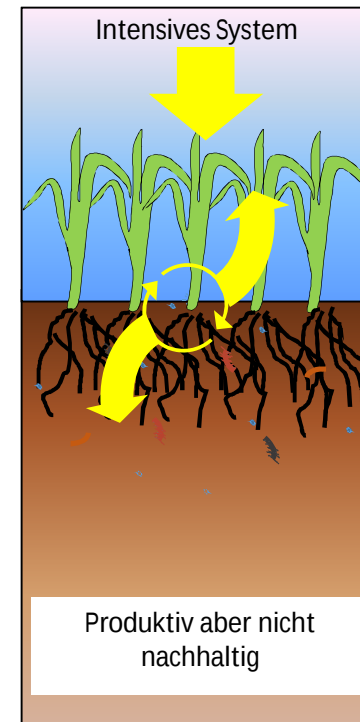
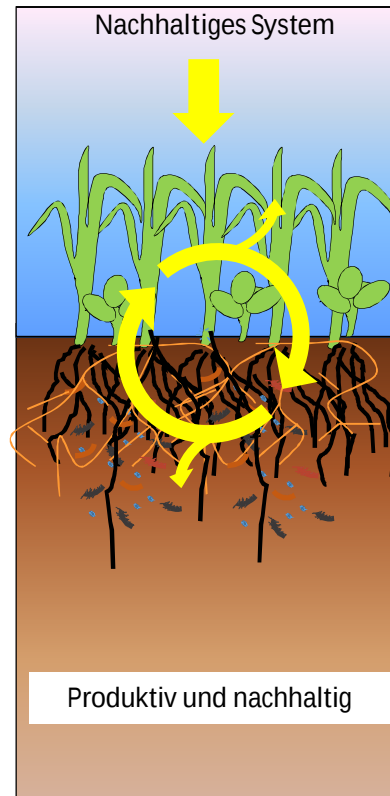
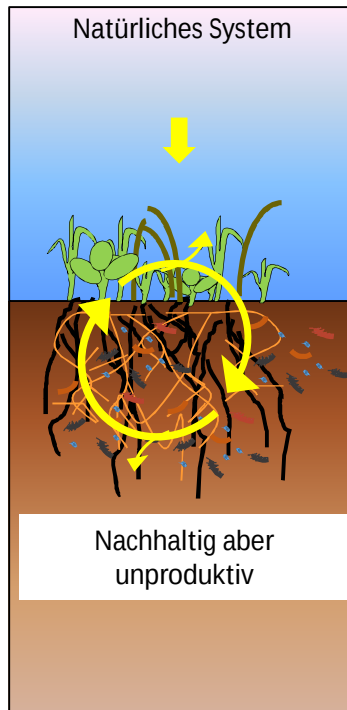
decreasing nutrient use efficiency

Global: 50% des ausgebrachten Stickstoffdüngers nicht von Kulturen aufgenommen

Tilman et al. 2002, *Nature*
Liu et al. 2010, *PNAS* 3



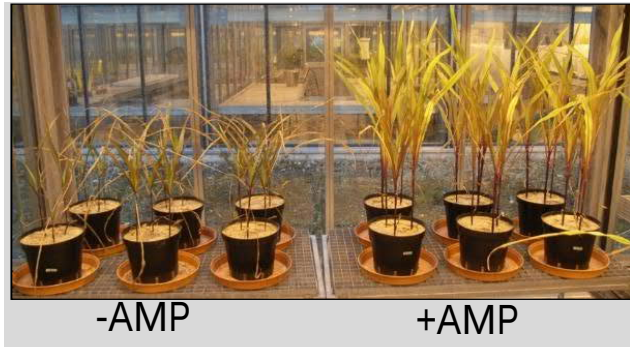
Können wir interne Bodenprozesse nutzen, um die Nährstoffeffizienz im Ackerbau zu erhöhen?



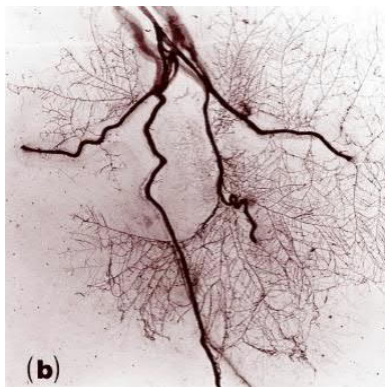
Bender et al. 2016, *Trends in Ecology and Evolution*



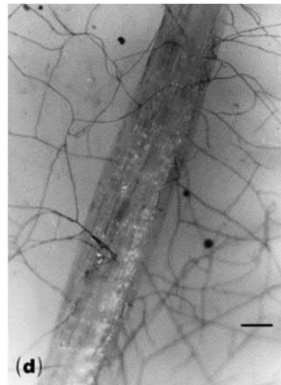
Erhöhen Pflanzenwachstum und
Nährstoffgehalte



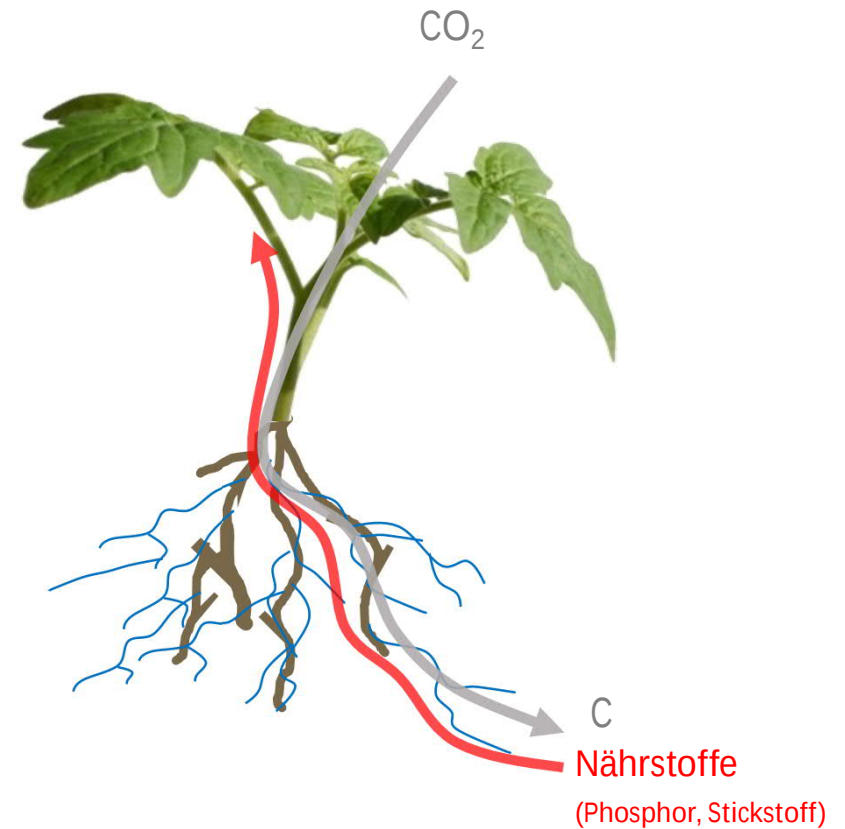
symbiotische Beziehungen mit
ca. 80% aller Land-Pflanzen
(Mais, Weizen, Kartoffel, Lauch,
Tomate, etc.)



Fotos: Giovannetti et al. 2001, New Phytologist

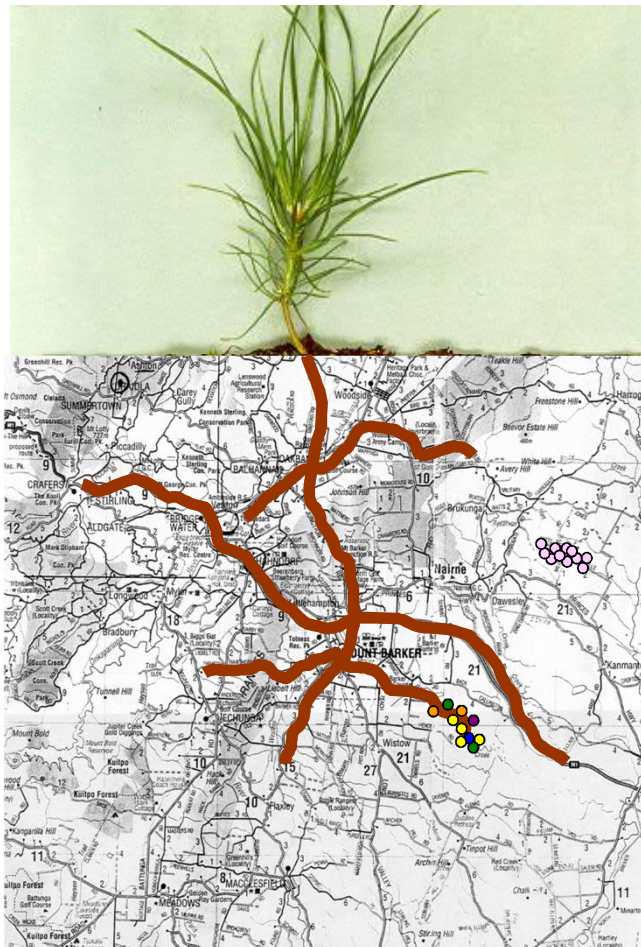


Arbuskuläre Mykorrhiza Pilze (AMP)

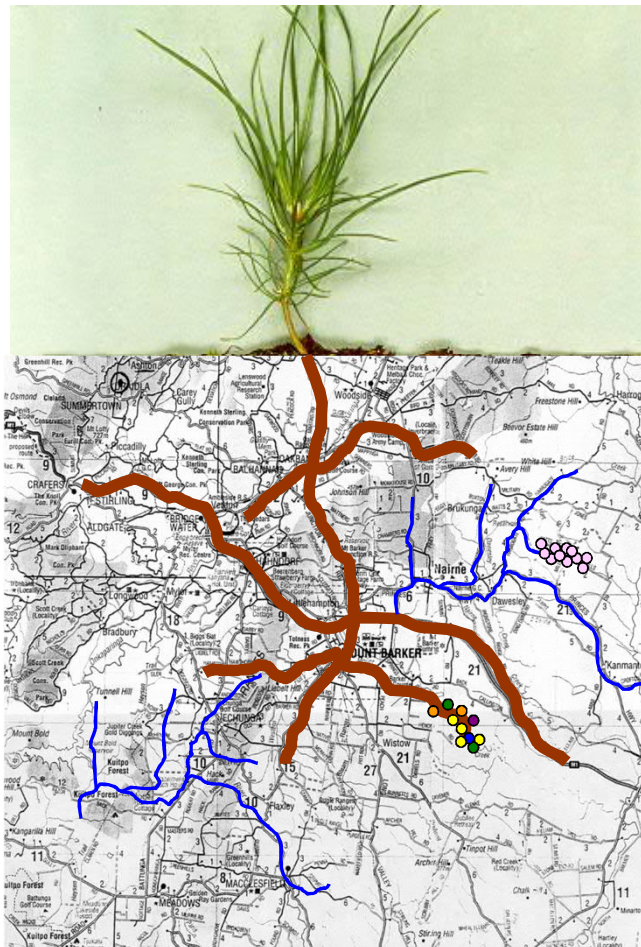


Andere Dienstleistungen

- Bodenstruktur
- Trockenresistenz
- Krankheitsresistenz



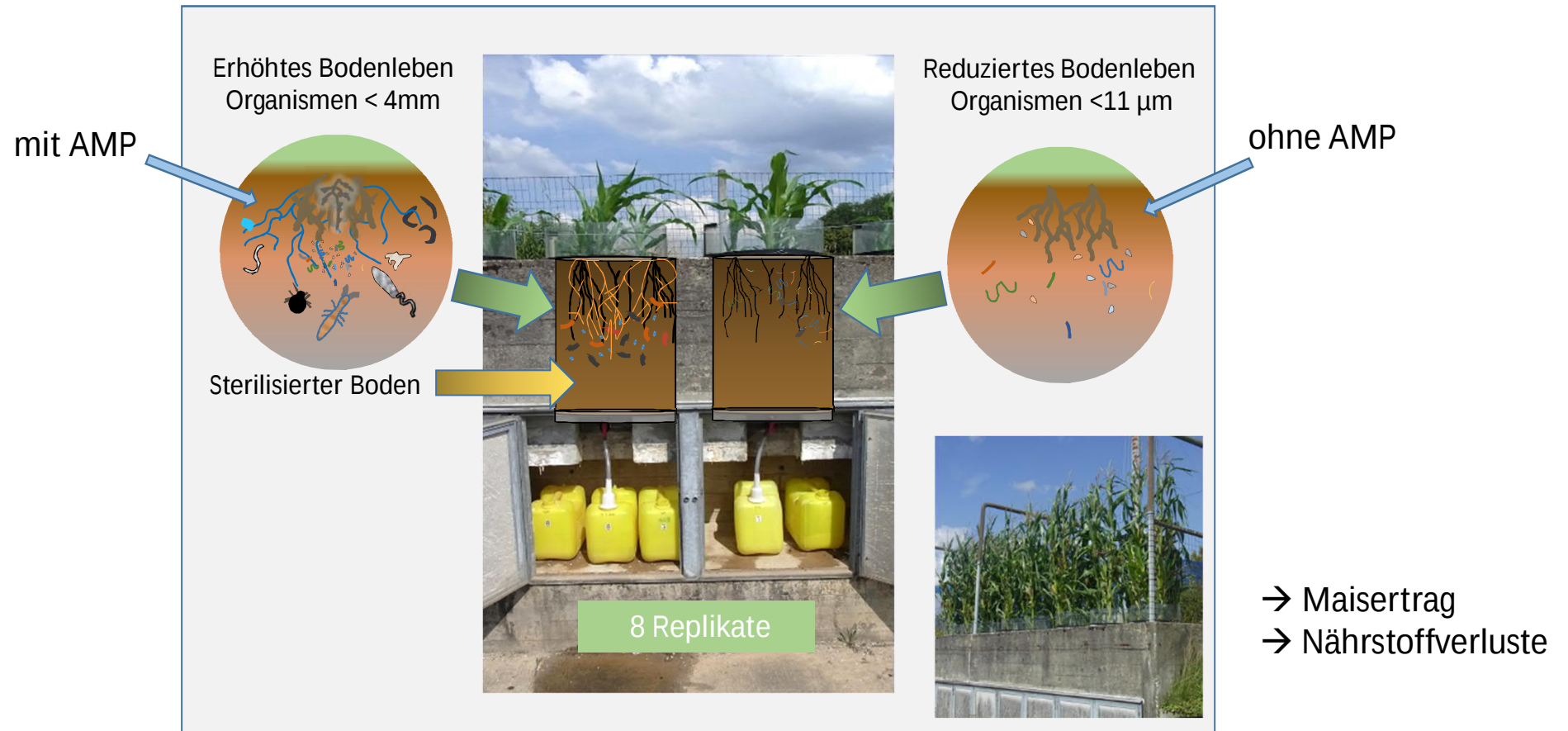
Grafik: Sari Timonen

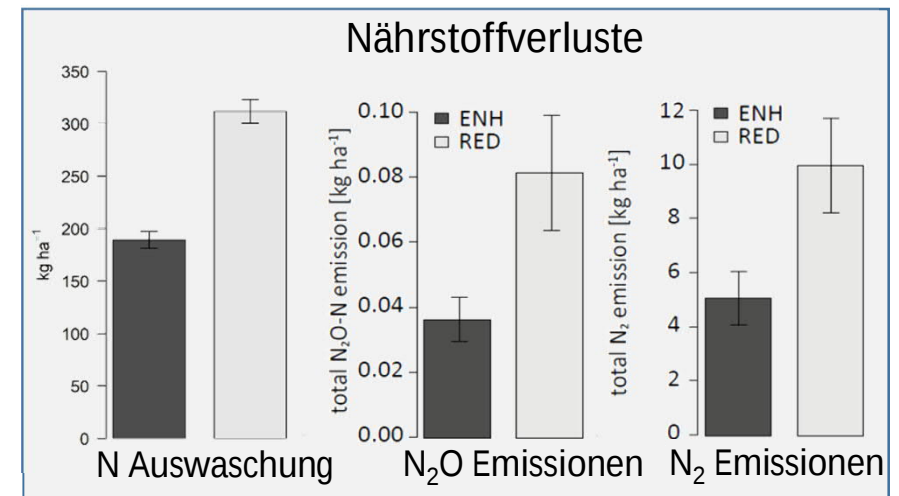
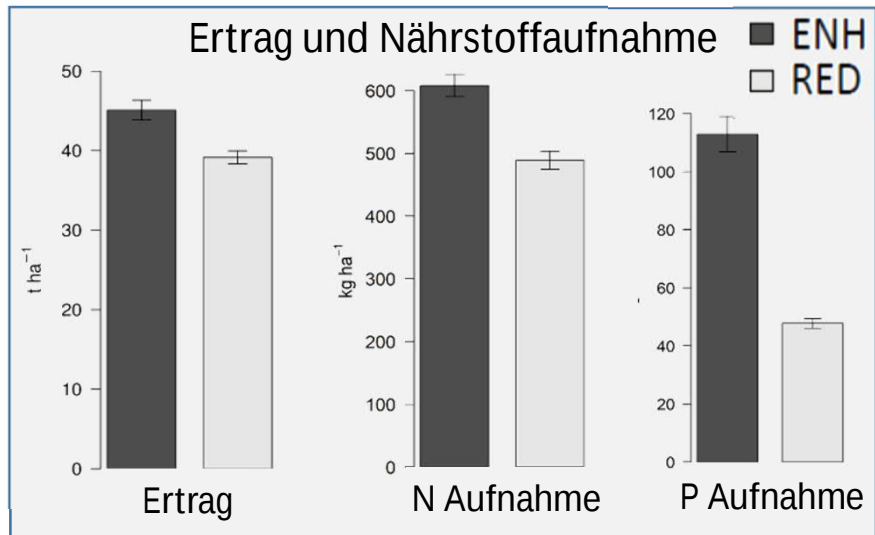


Grafik: Sari Timonen



Das Potential von Bodenlebewesen





Mit reduziertem Bodenleben weniger Maisertrag, geringere Nährstoffgehalte, höhere Nährstoffverluste



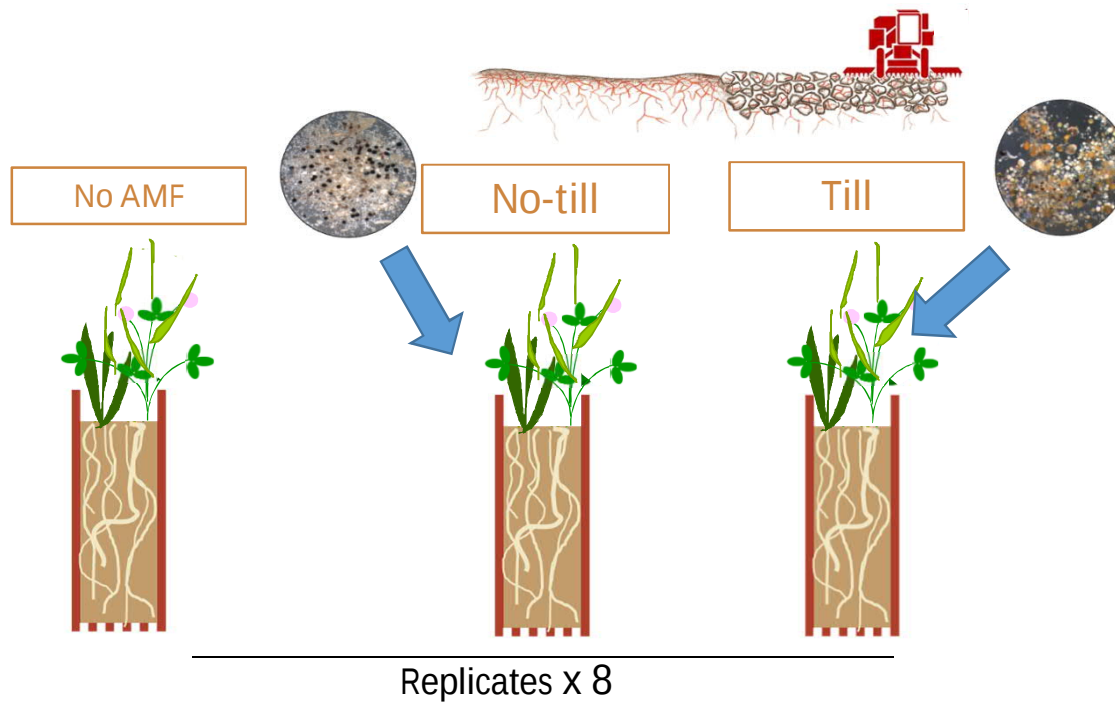
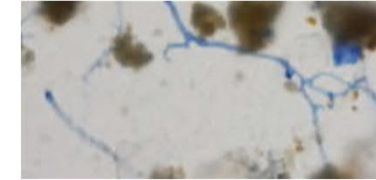
Unterschieden sich AMP-Gemeinschaften aus gepflügten und ungepflügten Böden in ihren Funktionen?



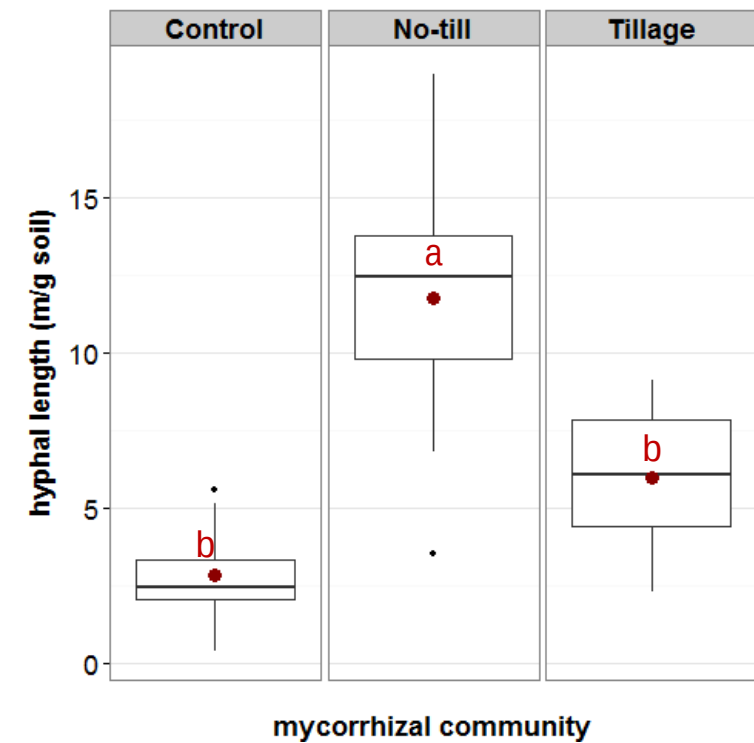
AMP-Gemeinschaften aus dem Feld im
Gewächshaus vermehrt



No-till Gemeinschaften produzieren mehr Pilzfäden im Boden

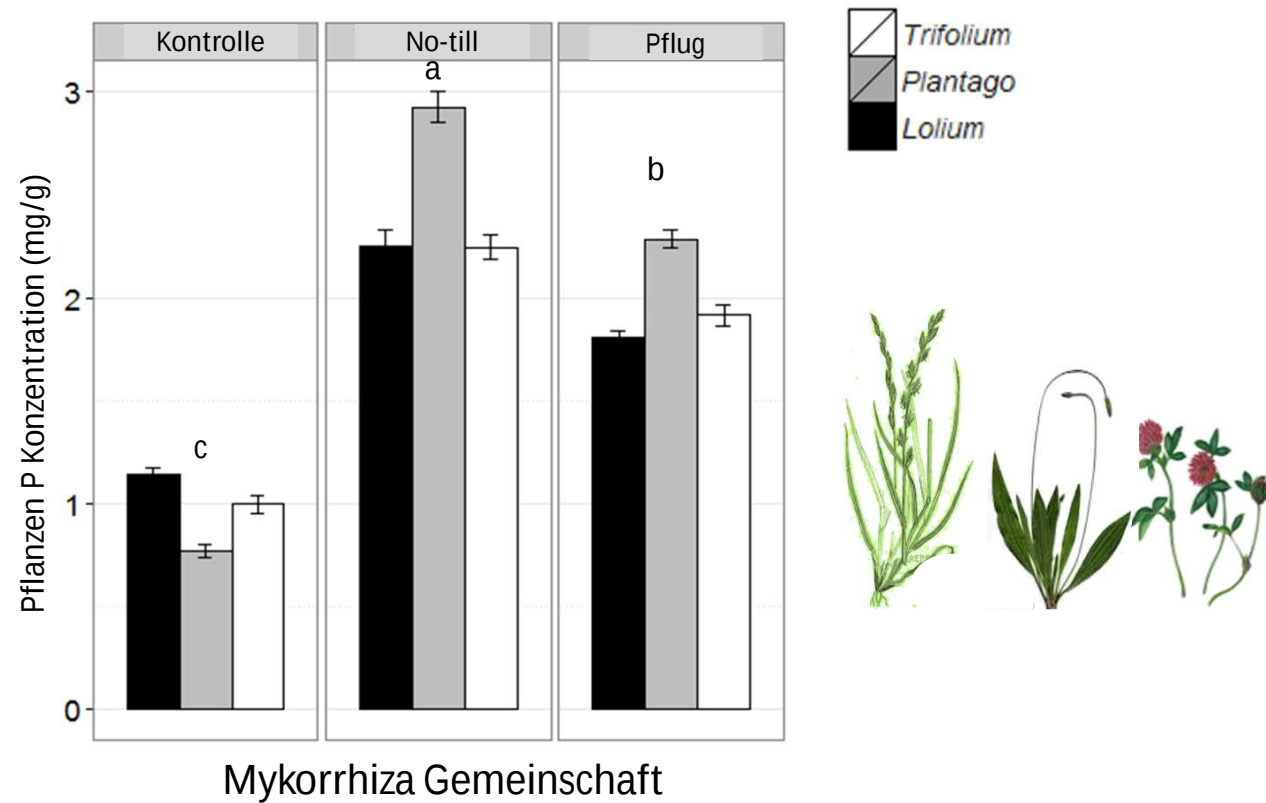


Plants:
Lolium multiflorum
Plantago lanceolata
Trifolium pratense





No-till Gemeinschaften erhöhen die Pflanzen P Aufnahme am stärksten



Köhl et al. 2014, *Ecological Applications*



Wie können wir dieses Wissen für eine höhere Ressourceneffizienz im Ackerbau nutzen?

Mykorrhizapilze sind so gut wie überall zu finden



Der Grossteil des Wissens über Mykorrhizapilze und ihre Funktionen stammt aus kontrollierten Modellversuchen (Gewächshaus, sterilisierter und gesiebter Boden, nur wenige Bodenorganismen gleichzeitig untersucht)



Wie sieht es in der echten Welt aus?





Langzeit-Management Effekte auf die Abundanz, Zusammensetzung und Funktionen von Mykorrhizagemeinschaften

Century experiment, Russel Ranch , Davis, Kalifornien

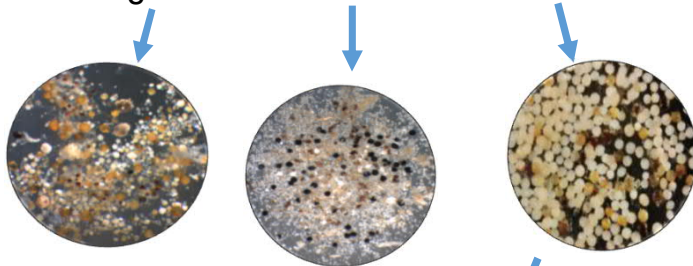
Langzeitvergleich unterschiedlicher Fruchtfolgen seit 25 Jahren



	Rotation	Cover crops	compost
OMT	Organic Maize-Tomato	x	X
CMT	Conventional Maize-Tomato	-	-
LMT	Legume-Maize-Tomato	x	-
AMT	Alfalfa Maize-Tomato	x	-

3 replizierte Parzellen pro Verfahren

Zusammensetzung und Diversität von AMP Gemeinschaften?



Effekte auf Erträge?



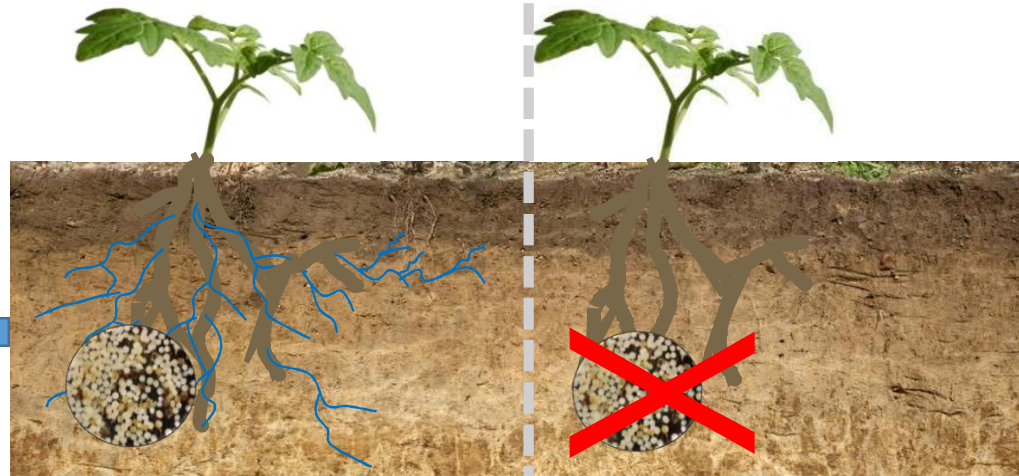
DNA-Sequenzierung, um die
Artenzusammensetzung der
Mykorrhizagemeinschaften
zu bestimmen



Tomaten-Mutanten

76R wildtype
(normale Symbiose mit AMP)

rmc-mutant
(keine Symbiose mit AMP)



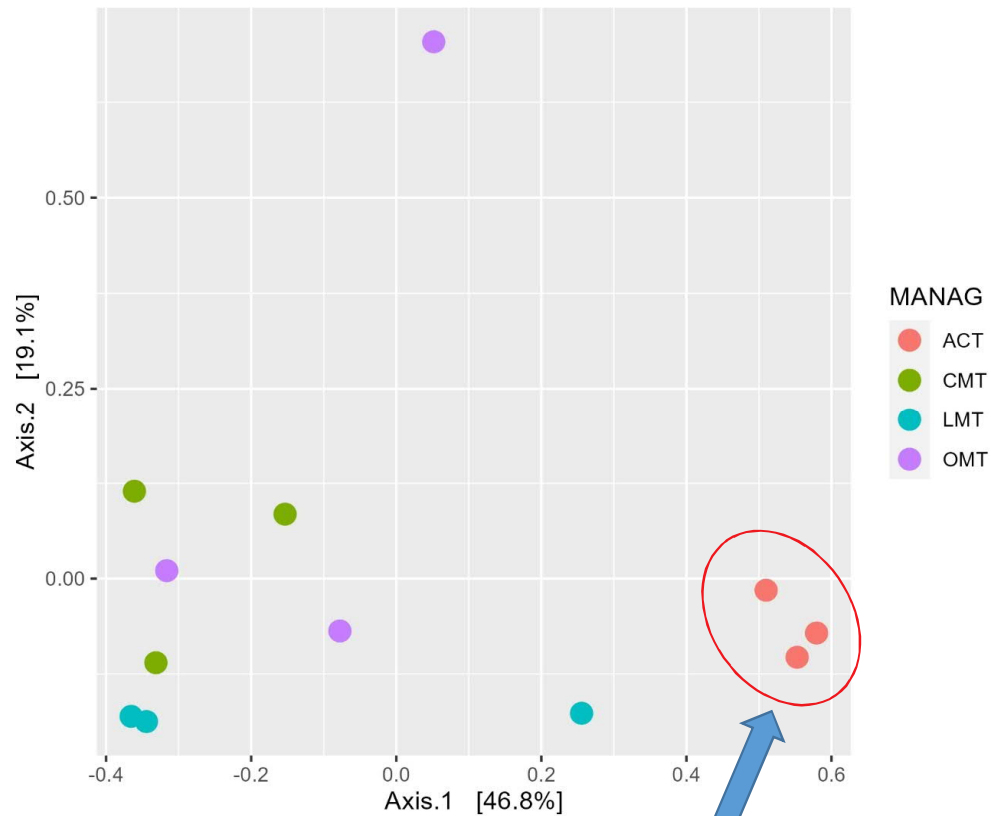
Funktion



Tomaten Ertrag

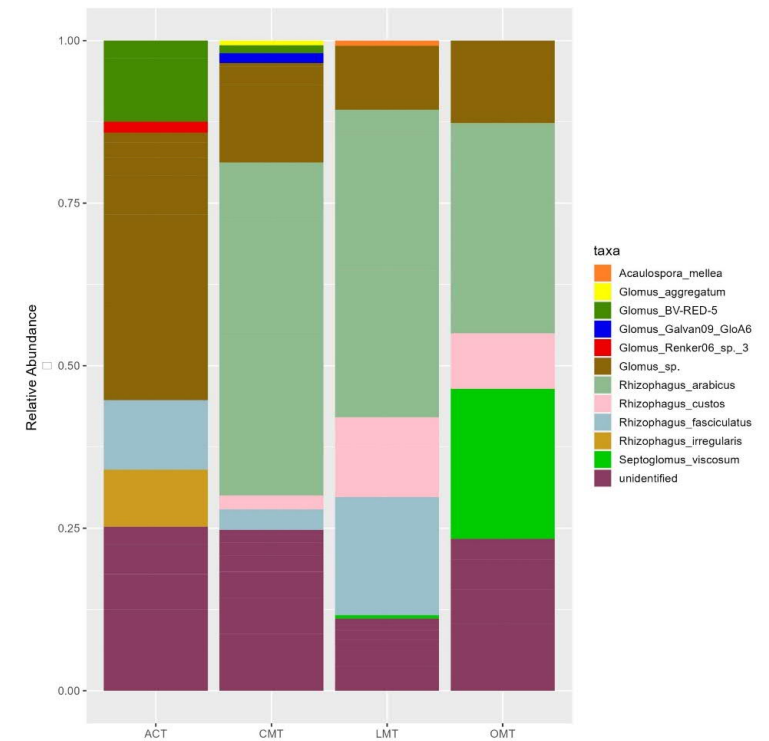


Mykorrhizagemeinschaft



AMP Gemeinschaft in Alfalfa Rotation unterscheidet sich stark von den anderen Verfahren

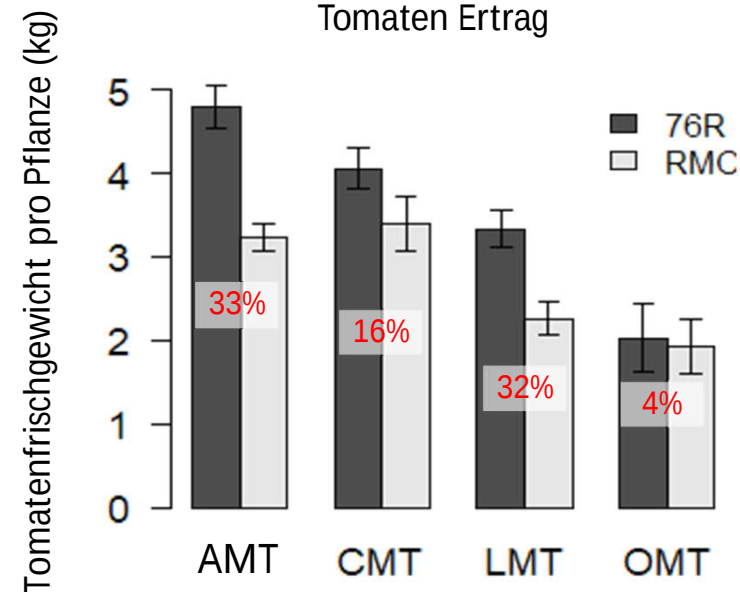
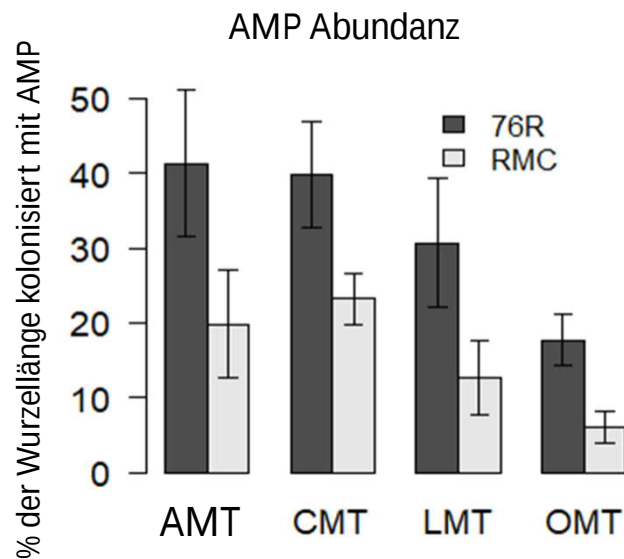
	Rotation	Cover crops	compost
OMT	Organic Maize-Tomato	x	X
CMT	Conventional Maize-Tomato	-	-
LMT	Legume-Maize-Tomato	x	-
AMT	Alfalfa Maize-Tomato	x	-





<https://twitter.com/i/status/1030169653618737152>

	Rotation	Cover crops	compost
OMT	Organic Maize-Tomato	x	x
CMT	Conventional Maize-Tomato	-	-
LMT	Legume-Maize-Tomato	x	-
AMT	Alfalfa Maize-Tomato	x	-

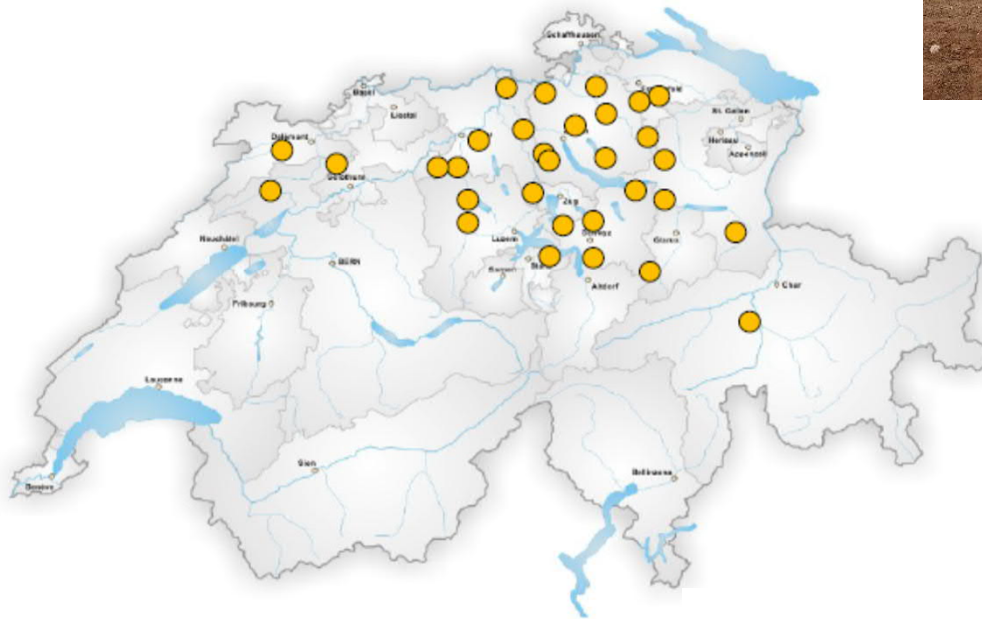


➔ Die Art der Fruchtfolge kann AMP Gemeinschaften und ihre Funktionen stark beeinflussen, bis zu 33% Ertragsrückgang durch Reduzierung der AMP Symbiose



Feldinokulationen mit Mykorrhizapilzen

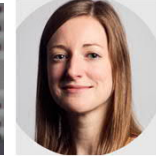
Können wir durch künstliches Ausbringen von Mykorrhizapilzen Maiserträge steigern?



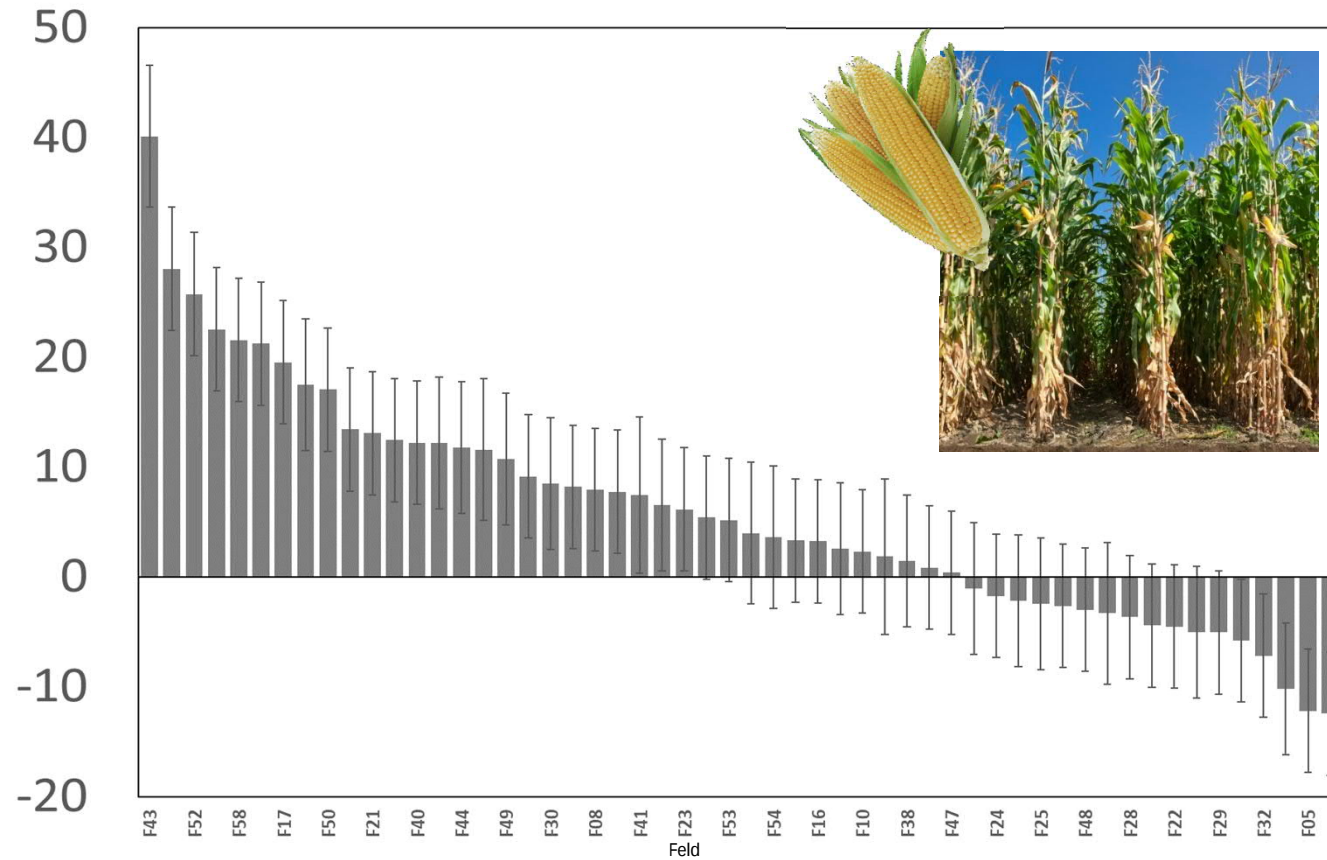
Bender et al, 2019, Agriculture, Ecosystems and Environment
Lutz et al., *eingereicht*



Feldinokulationen mit Mykorrhizapilzen



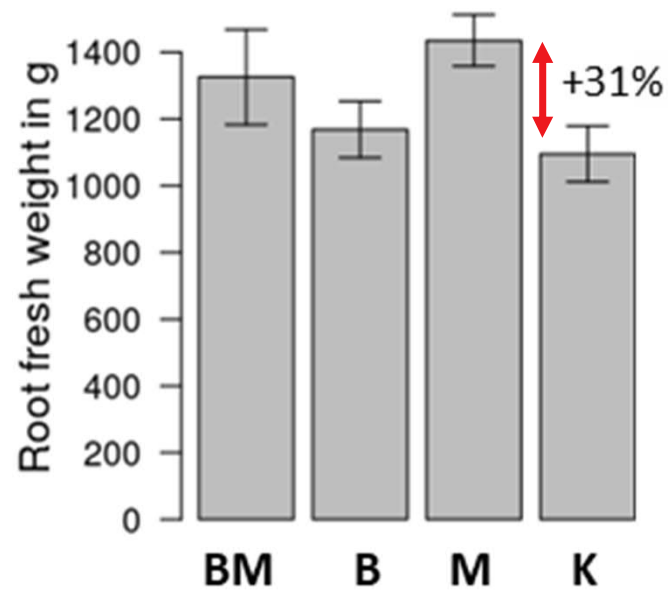
% Änderung des Maisertrages durch Inokulation



Lutz et al., eingereicht



Mykorrhizainokulationen im Gemüsebau: Wurzelpetersilie



Mia Fehr, ZHAW



Matthias Lutz, AGS



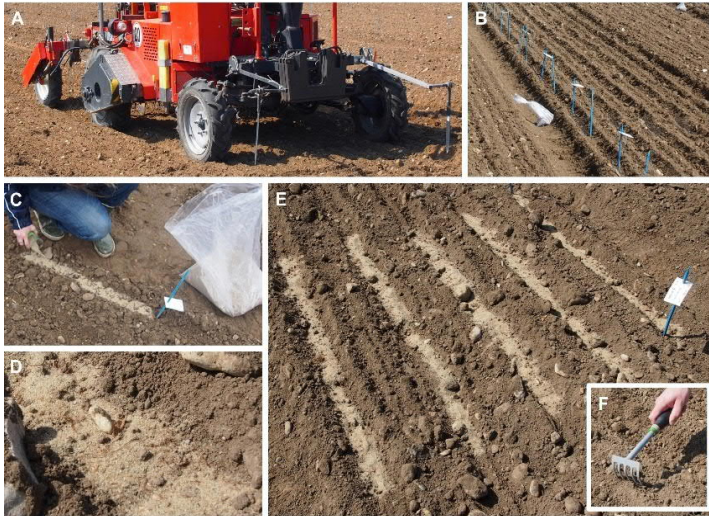
Philipp Trautzi, BBZ
Arenenberg

Weitere Feldversuche laufen

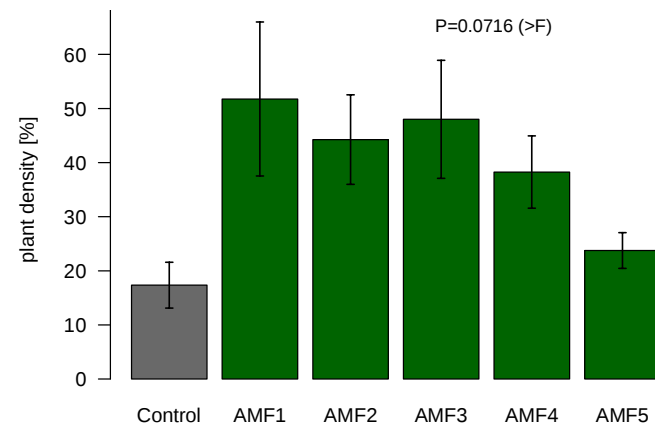
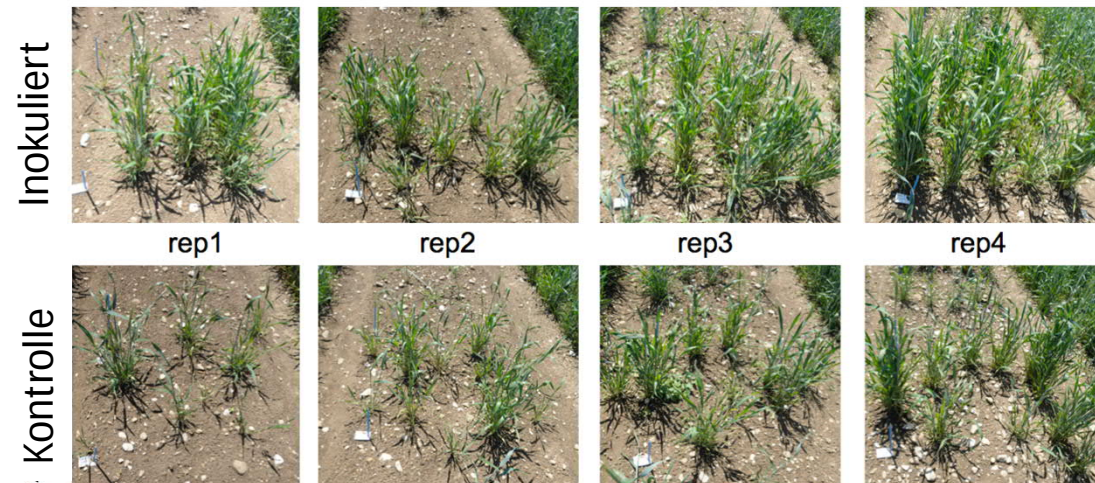


Mykorrhizainokulationen und Schädlingsresistenz

Feldinokulationen mit Mykorrhizapilzen



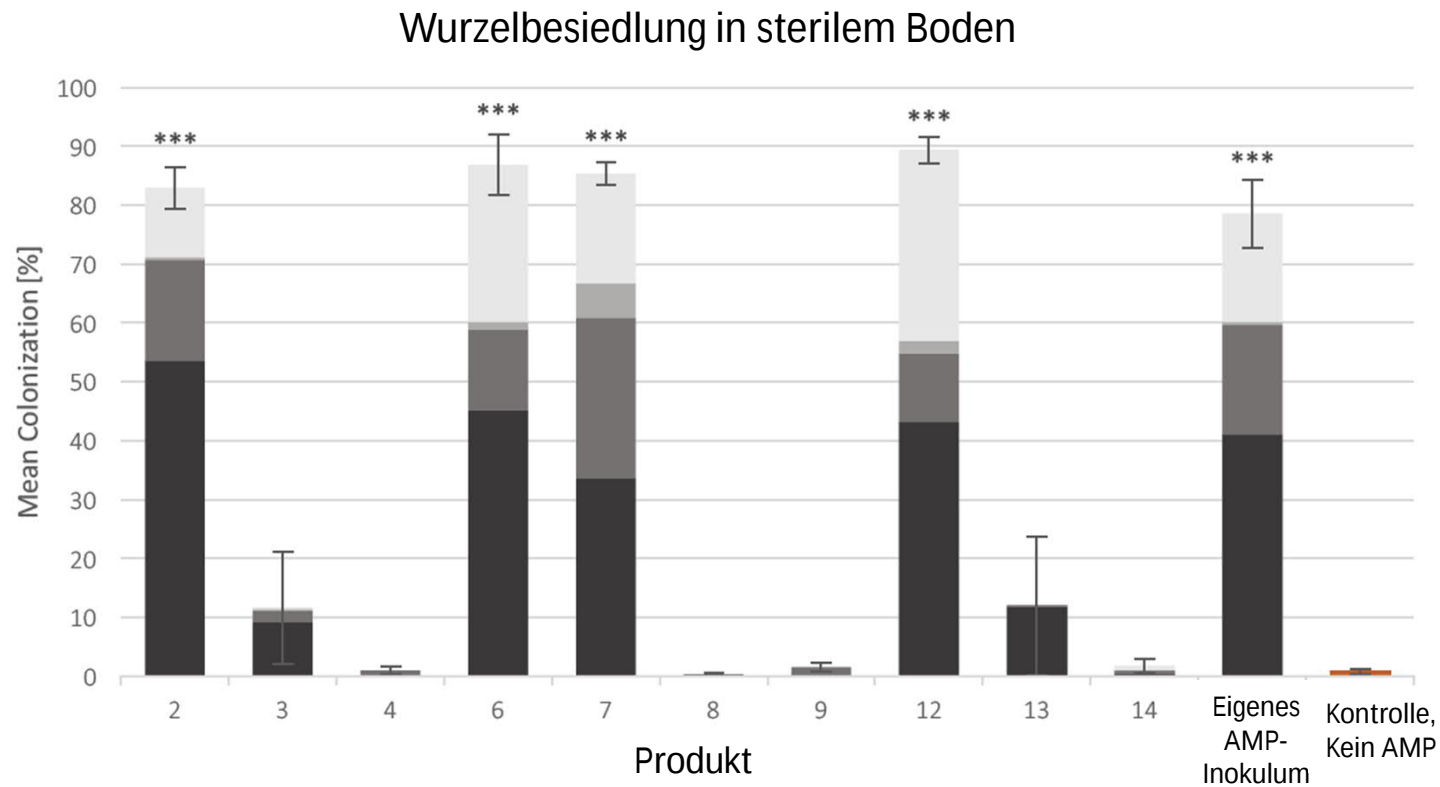
Erhöhte Resistenz gegen Fritfliegen (*Oscinella frit*)



Imperiali et al. 2017, *Frontiers in Plant Science*



Qualität kommerzieller Mykorrhizaprodukte



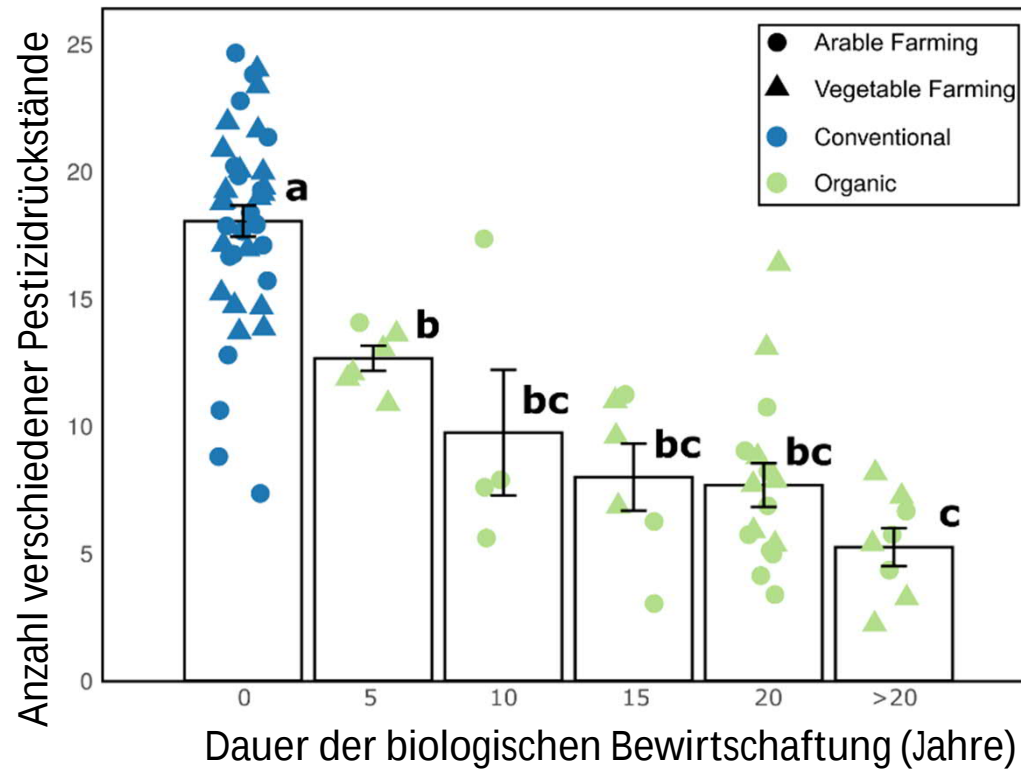
6 von 10 getesteten Produkten enthielten keine lebenden Mykorrhizapilze



Richtlinien und Qualitätsstandards- und Kontrolle nötig



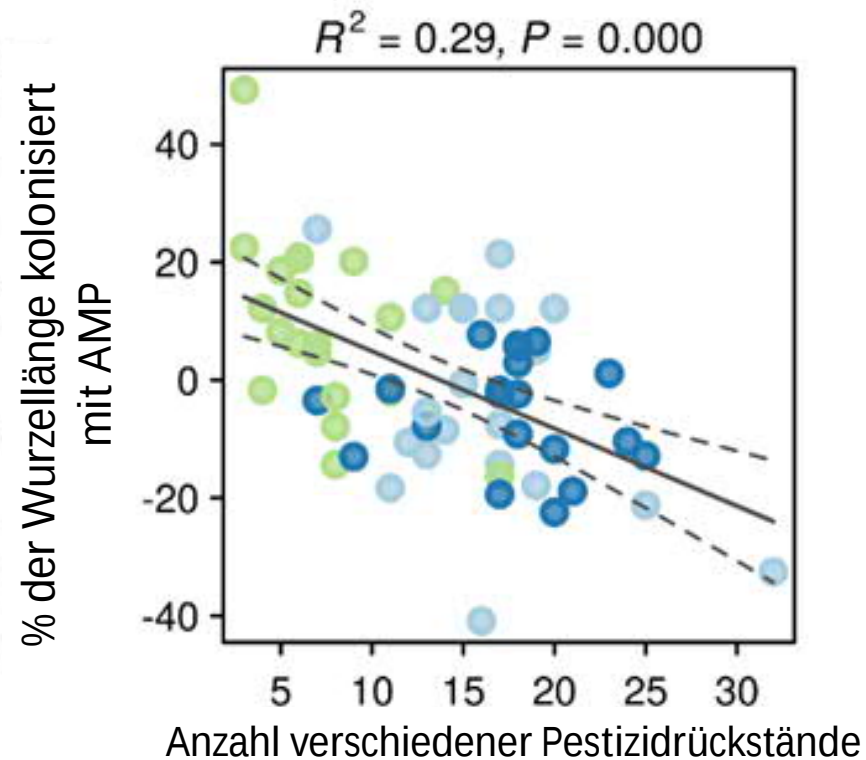
Einfluss der Bewirtschaftung auf Mykorrhizapilze: Pflanzenschutzmittel



Synthetische Pestizide sind auch nach 20 Jahren biologische Bewirtschaftung noch im Boden nachzuweisen



Die Abundanz von Mykorrhizapilzen ist negativ mit der Anzahl Pestizide im Boden verknüpft

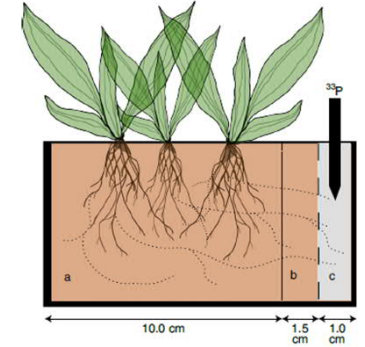
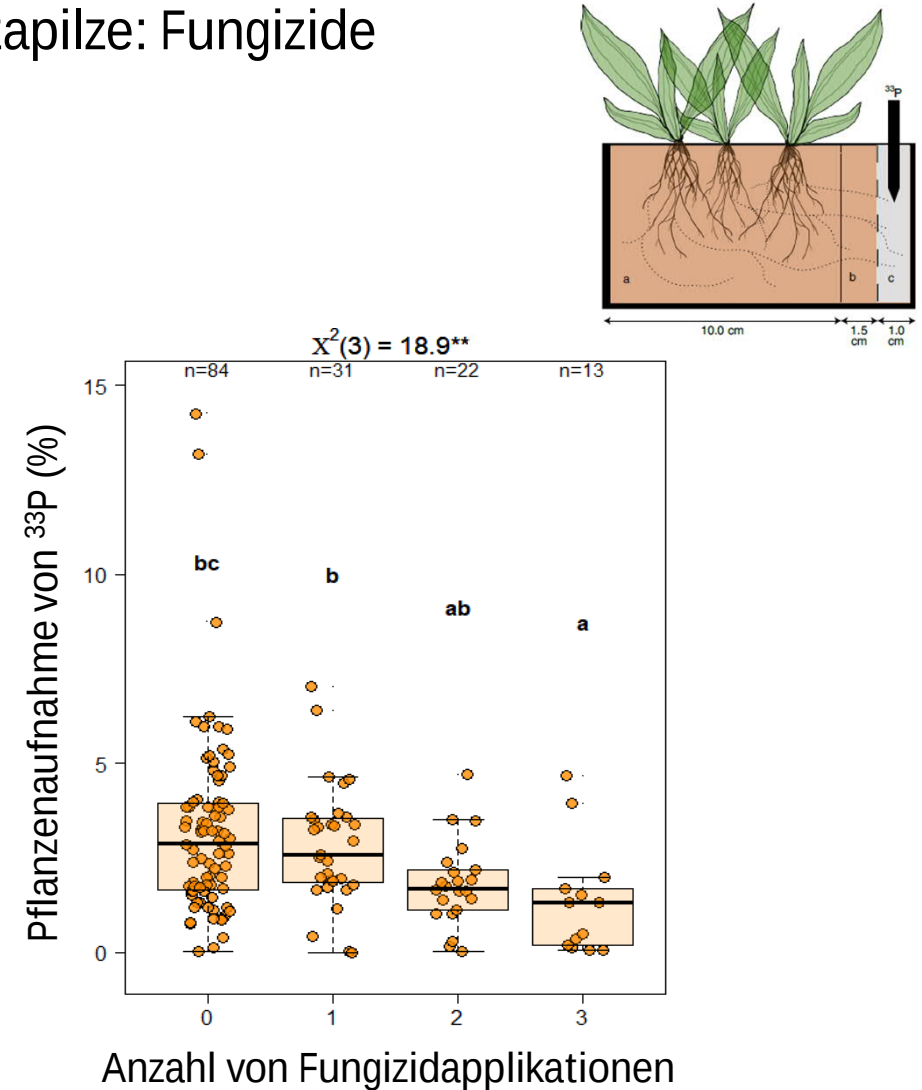
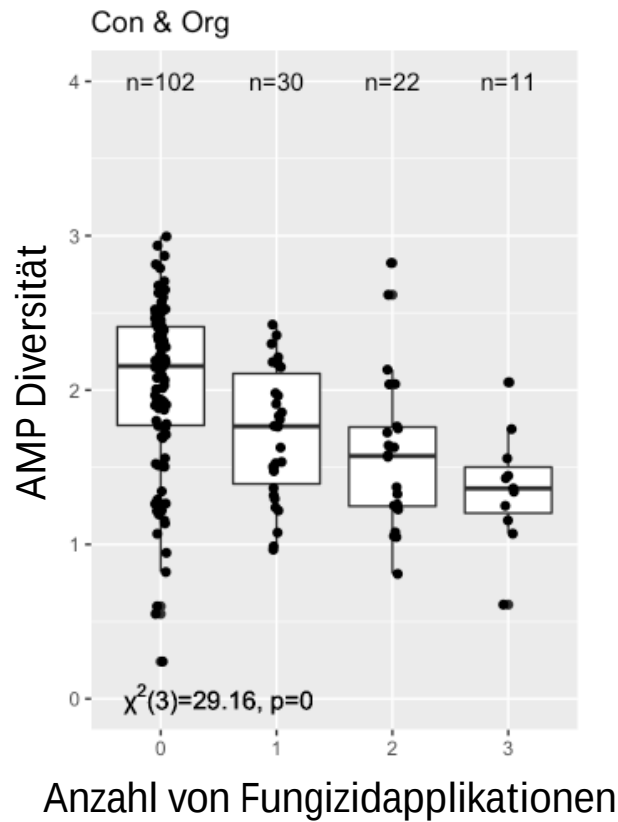
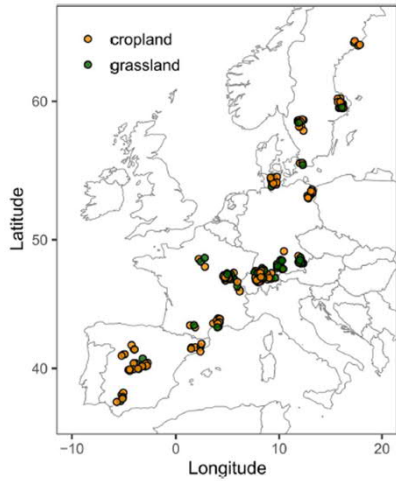


Ökologische Konsequenzen ungewiss

Riedo et al. 2021; *Environ. Sci. & Technol*



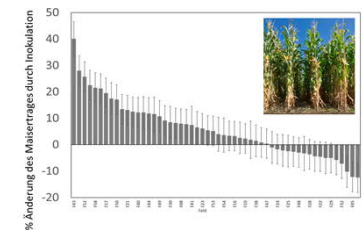
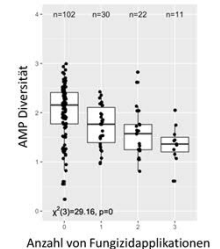
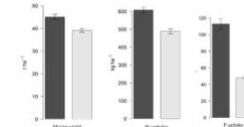
Einfluss der Bewirtschaftung auf Mykorrhizapilze: Fungizide





Zusammenfassung

- ➔ Bodenlebewesen, speziell Mykorrhizapilze, besitzen grosses Potential, die Nährstoffeffizienz im Ackerbau zu erhöhen
- ➔ Die Feldbewirtschaftung kann die Abundanz, Diversität und Funktionen von natürlichen Mykorrhizapilzen positiv beeinflussen; natürliche Mykorrhizapilze können substantiell zum Ertrag beitragen
- ➔ Inokulationen mit Mykorrhizapilzen können die deutlich Erträge erhöhen, doch tun dies nicht immer. Kommerzielle Produkte erbringen nicht immer die erwünschte Qualität



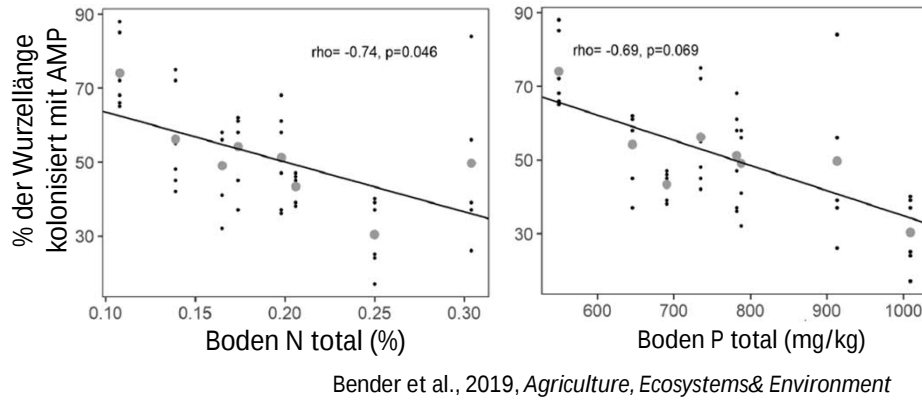
Gegenwärtiges Ziel:

- ➔ Strategien entwickeln, wie das Potential von natürlichen Mykorrhizapilzen für die landwirtschaftliche Produktion optimal und verlässlich genutzt werden kann

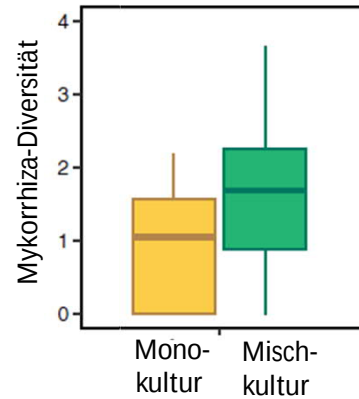


Wie können Mykorrhizapilze im Acker gefördert werden?

Reduzierte Nährstoffgaben

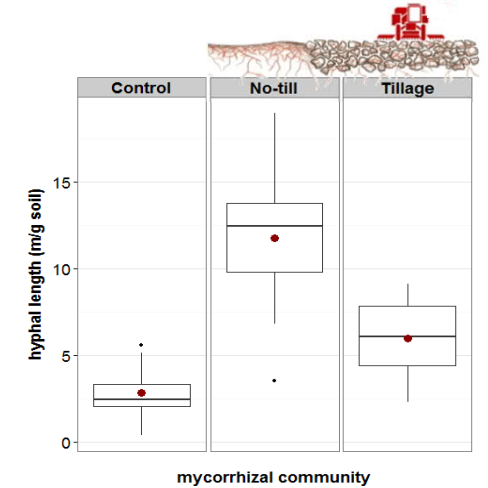


Mischkulturen



Guzman et al., 2021, *New Phytologist*

Reduzierter Pflugeinsatz



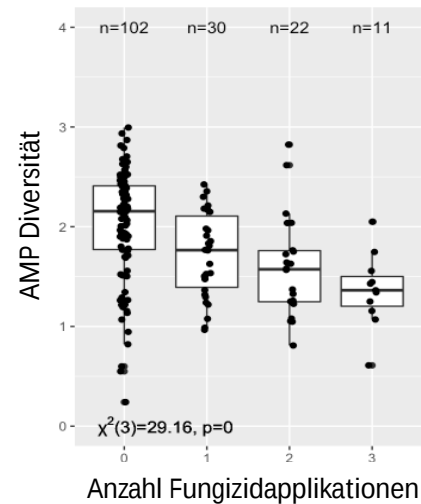
Köhl et al. 2014, *Ecological Applications*

Zwischenfrüchte/ Gründüngung

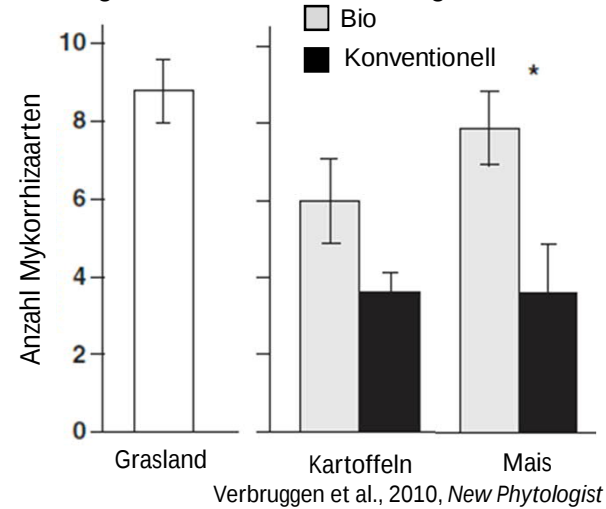


Achtung: Brassicaceen (Raps, Kohl, Senf, etc.) haben keine Mykorrhizasymbiose

Reduzierter Pestizideinsatz



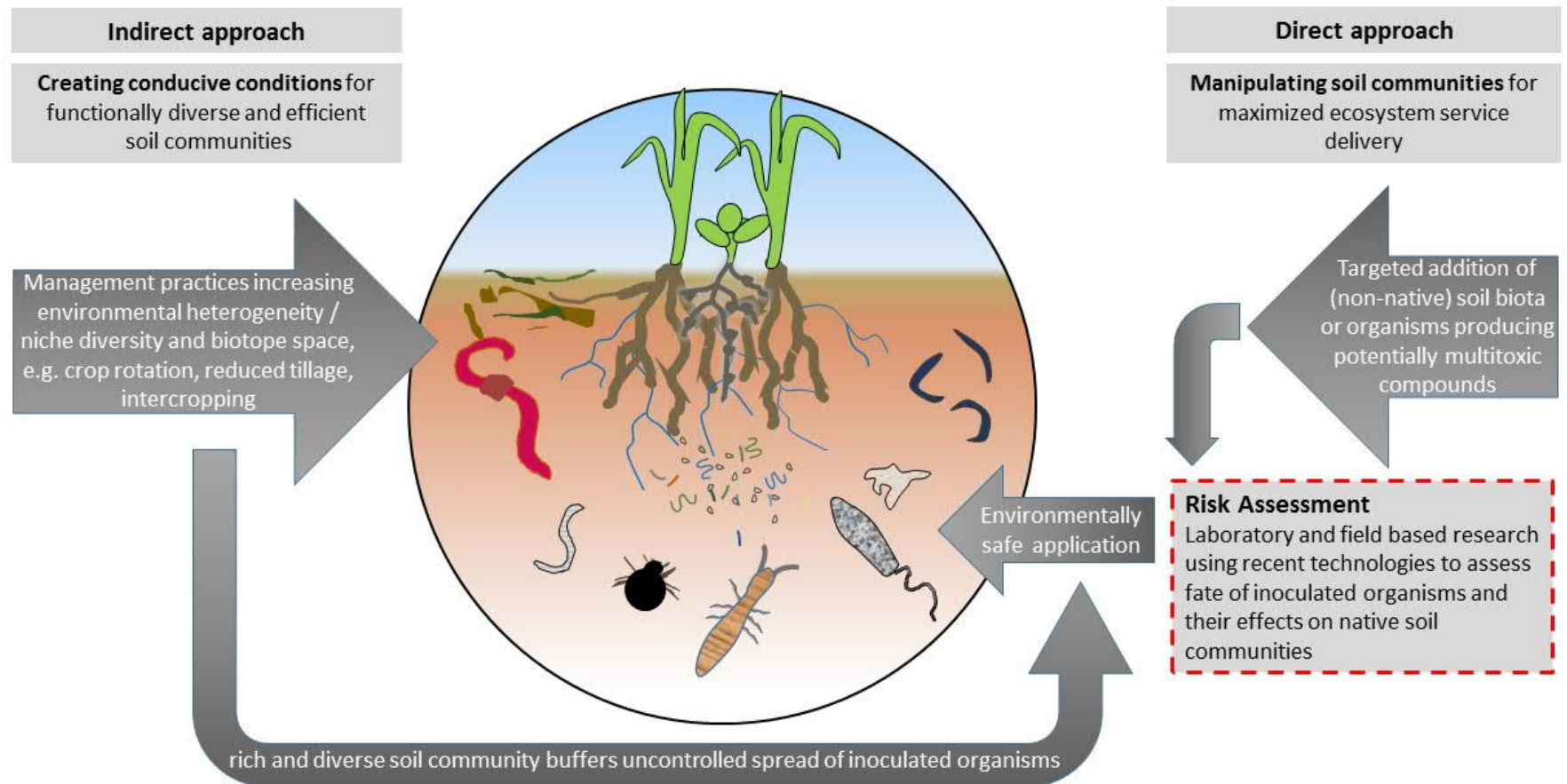
Biologische Bewirtschaftung



Blühstreifen

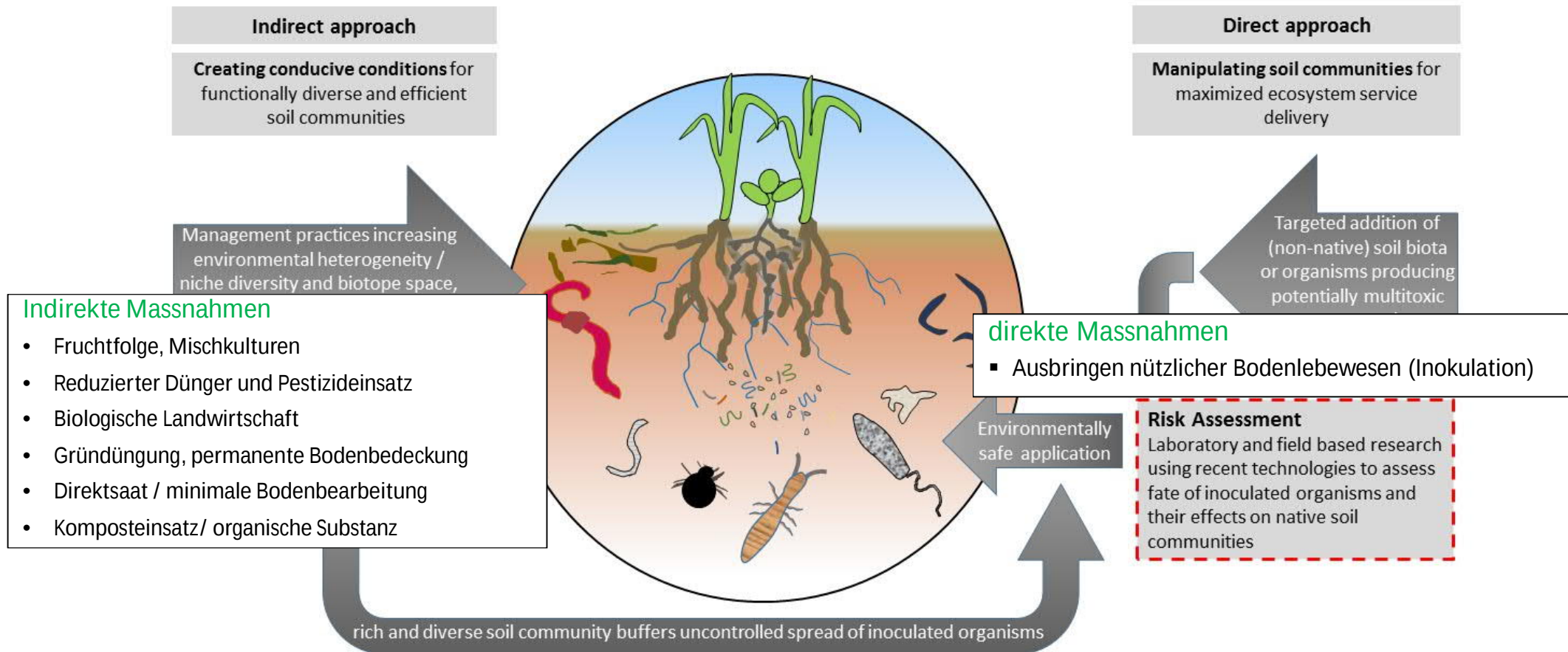


Bodenökologisches Engineering: Bodenbiologie nutzen



Bender et al. 2017, *Trends in Ecology and Evolution*

Bodenökologisches Engineering: Bodenbiologie nutzen



Bender et al. 2017, *Trends in Ecology and Evolution*



Acknowledgements

Pflanzen-Boden Interaktionen, Agroscope Zürich, CH

Marcel Van der Heijden, Alain Held, Kyle Hartman,
Florian Walder, Raphael Wittwer, Stephanie Lutz,
Judith Riedo, Anna Edlinger, Luise Carolin Scherrer



Analytical Chemistry, Agroscope Zürich, CH

Diane Bürge, Martin Zuber, Thomas Bucheli

AFBI, Belfast, UK

Ronnie Laughlin, Rachael Carolan

Helmholtz Zentrum München, D

Michael Schlöter, Stefanie Schulz

FiBL, Frick, CHL

Natacha Bodenhausen



University of Basel, CH

Klaus Schächli



Extension Gemüsebau, Agroscope Wädenswil, CH

Matthias Lutz, Jürgen Krauss, Verana Sälé, Thorsten Beyersdorf



BBZ Arenenberg, CH

Philipp Trautzi



Bowles lab, UC Berkeley, US

Timothy Bowles, Maria Mooshammer, Julian
Marquez, Anna Barcellos, Lindsey Guan, Arely Ortiz,
Ansel Klein, Isaac Vendig, Moet Takata, Zeltzin
Angon



Universität
Zürich^{UZH}



Department of
LAND, AIR AND WATER RESOURCES
University of California, Davis
Climate Change • Sustainable Agriculture
Environmental Quality • Landscape Processes

UC DAVIS
UNIVERSITY OF CALIFORNIA



SWISS NATIONAL SCIENCE FOUNDATION



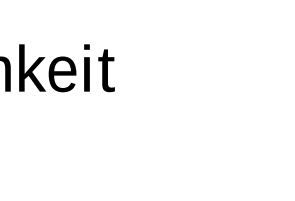
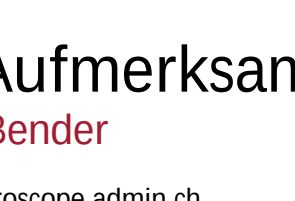
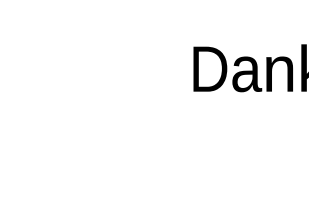
DEPARTMENT of ENVIRONMENTAL
SCIENCE, POLICY, AND MANAGEMENT



Berkeley
UNIVERSITY OF CALIFORNIA



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

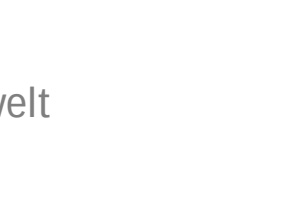
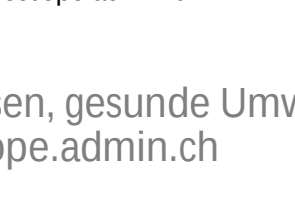
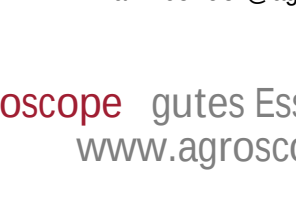


Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Franz Bender

franz.bender@agroscope.admin.ch

Agroscope gutes Essen, gesunde Umwelt
www.agroscope.admin.ch





Referenzen

- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677.
- Liu, J., You, L., Amini, M., Obersteiner, M., Herrero, M., Zehnder, A. J., & Yang, H. (2010). A high-resolution assessment on global nitrogen flows in cropland. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(17), 8035-8040.
- Bender, S. F., Wagg, C., & van der Heijden, M. G. (2016). An underground revolution: biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability. *Trends in ecology & evolution*, 31(6), 440-452.
- Giovannetti, M., Fortuna, P., Citerinesi, A. S., Morini, S., & Nuti, M. P. (2001). The occurrence of anastomosis formation and nuclear exchange in intact arbuscular mycorrhizal networks. *New Phytologist*, 151(3), 717-724.
- Bender, S. F., & van der Heijden, M. G. (2015). Soil biota enhance agricultural sustainability by improving crop yield, nutrient uptake and reducing nitrogen leaching losses. *Journal of Applied Ecology*, 52(1), 228-239.
- Köhl, L., Oehl, F., & van der Heijden, M. G. (2014). Agricultural practices indirectly influence plant productivity and ecosystem services through effects on soil biota. *Ecological Applications*, 24(7), 1842-1853.
- Bender, S. F., Schlaeppli, K., Held, A., & Van der Heijden, M. G. (2019). Establishment success and crop growth effects of an arbuscular mycorrhizal fungus inoculated into Swiss corn fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 273, 13-24.
- Salomon, M. J., Demarmels, R., Watts-Williams, S. J., McLaughlin, M. J., Kafle, A., Ketelsen, C., ... & van der Heijden, M. G. (2022). Global evaluation of commercial arbuscular mycorrhizal inoculants under greenhouse and field conditions. *Applied Soil Ecology*, 169, 104225.
- Riedo, J., Wettstein, F. E., Rösch, A., Herzog, C., Banerjee, S., Büchi, L., ... & van der Heijden, M. G. (2021). Widespread occurrence of pesticides in organically managed agricultural soils—the ghost of a conventional agricultural past?. *Environmental Science & Technology*, 55(5), 2919-2928.
- Edlinger, A., Garland, G., Banerjee, S., Degruene, F., García-Palacios, P., Hallin, S., ... & van der Heijden, M. (2021). Agricultural management and pesticide use reduce the phosphorus uptake capability of beneficial plant symbionts.
- Verbruggen, E., Rölting, W. F., Gamper, H. A., Kowalchuk, G. A., Verhoef, H. A., & van der Heijden, M. G. (2010). Positive effects of organic farming on below-ground mutualists: large-scale comparison of mycorrhizal fungal communities in agricultural soils. *New phytologist*, 186(4), 968-979.
- Guzman, A., Montes, M., Hutchins, L., DeLaCerde, G., Yang, P., Kakouridis, A., ... & Kremen, C. (2021). Crop diversity enriches arbuscular mycorrhizal fungal communities in an intensive agricultural landscape. *New Phytologist*, 231(1), 447-459.
- Bender, S. F., Wagg, C., & van der Heijden, M. G. (2017). Strategies for Environmentally Sound Soil Ecological Engineering: A Reply to Machado et al. *Trends in Ecology & Evolution*, 32(1), 10-12.